



Universitat de Girona
Escola Politècnica Superior

Projecte/Treball Final de Carrera

Estudi: Enginyeria Tècnica Mecànica Industrial

Títol:

DISSENY D'UN BANC D'ASSAIG PER A VENTILADORS D'ALTA PRESSIÓ

Document: MEMÒRIA I ANNEXES

Alumne: Joan Viñolas Serra

Director/Tutor: José Ramón González Castro

Departament: Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Mecànica de Fluids

Convocatòria: Juliol 2007

DISSENY D'UN BANC D'ASSAIG PER A VENTILADORS INDUSTRIALS D'ALTA PRESSIÓ (MEMÒRIA I ANNEXES)	ETIM (PTFC)
--	-------------

DOCUMENT N°1 : Memòria i Annexes

Índex:

1- Introducció	4
1.1 Antecedents	4
1.2 Objecte	6
1.3 Especificacions	6
1.3.1 Objecte	6
1.3.2 Elecció de la tipologia del banc d'assaig	6
1.3.3 Condicions d'obligat compliment	6
1.3.4 Característiques del ventiladors a assajar	7
1.3.5 Instal·lacions	7
1.3.6 Equips de treball i seguretat	7
2- Descripció de la solució	7
2.1 Elements de mesura	8
2.1.1 Mesura de pressió	8
2.1.2 Mesura de potència i intensitat	8
2.1.3 Velocitat de gir	8
2.1.4 Temperatura	9
2.1.5 Mesura de cabal	9
2.2 Adquisició de dades	9
2.3 Sistema de control	9
2.4 Correccions en l'anàlisi dels ventiladors	9
2.5 Dimensionament del banc d'assaig	10
2.6 Dimensionament de les toveres	10
2.7 Dimensionament del ventilador auxiliar	12
2.8 Fabricació del banc d'assaig	12
2.9 Manipulació del banc d'assaig	12
2.10 Manipulació dels ventiladors	13
3- Resum del pressupost	15
4- Conclusions	16

Joan Viñolas Serra	1
--------------------	---

5- Índex general del projecte	17
6- Bibliografia	18
ANNEXE A: Estudi alternatives	19
A.1 Introducció	19
A.2 Banc d'assaig tipus B	20
A.3 Banc d'assaig tipus A	20
ANNEXE B: Dimensionament del banc d'assaig	23
B.1 Introducció	23
B.2 Resum dels càlculs preliminars	23
ANNEXE C: Càlcul de les toveres	26
C.1 Introducció	26
C.2 Càlcul diàmetres	30
C.3 Rangs de treball de les toveres	30
C.4 Correccions de cabal	31
C.4.1 Càlcul de la diferència de pressions (Δp)	32
C.4.2 Càlcul velocitat	31
C.4.3 Relació entre diàmetres d'entrada i sortida de la tovera	31
C.4.4 Pressió atmosfèrica	31
C.4.5 Regulació de densitat segons temperatura	32
C.4.6 Regulació de la densitat de l'aire	32
C.4.7 Viscositat de l'aire	32
C.4.8 Número de Reynolds	32
C.4.9 Coeficient de descàrrega de les toveres	33
C.4.10 Factor d'expansió	33
C.4.11 Regulació de pressió estàtica	33
ANNEXE D: Pèrdues de càrrega	36
D.1 Introducció	36
D.1.1 Punt 1	37
D.1.2 Punt 2 i 5	37
D.1.3 Punt 3	38

DISSENY D'UN BANC D'ASSAIG PER A VENTILADORS INDUSTRIALS D'ALTA PRESSIÓ (MEMÒRIA I ANNEXES)	ETIM (PTFC)
--	--------------------

D.1.4 Punt 4	38
D.1.5 Punt 6	39
D.1.6 Punt 7	39
D.1.7 Punt 8	40
D.1.9 Propi del banc	40
D.2 Resultats obtinguts	41
D.3 Corba de pèrdues totals	42
D.4 Característiques del ventilador auxiliar	43
ANNEXE E: Càlculs mecànics	44
E.1 Introducció	44
E.2 Càlcul recipient a pressió	44
E.2.a Càlcul del cos del banc	46
E.2.b Càlcul adaptador banc obturador	47
E.2.c Càlcul connexió adaptador obturador	48
E.2.d Càlcul adaptador ventilador auxiliar	49
E.3 Càlcul esforços estructura del banc	50
E.3.a Sistema	50
E.3.b Sol·licitacions	51
E.3.c Estudi esforços	52
ANNEXE F: Manual de manteniment	53
F.1 Informació general	53
F.2 Disposicions del manual	53
F.3 Parts del banc	54
F.3.1 Ventilador auxiliar / a assajar	54
F.3.2 Toveres	54
F.3.3 Tubs de presa de pressió	54
F.3.4 Sensors de temperatura	54
F.3.5 Tacòmetre òptic	55
F.3.6 Obturador	55
F.3.7 Wattímetre / Amperímetre	55
F.3.8 Taules elevadores	55
F.3.9 Pont grua	55

1 Introducció:

1.1 Antecedents:

L'any 1924 Casals comença a fabricar els seus primers ventiladors industrials, en aquella època l'empresa era una foneria, d'aquí que sorgís la necessitat de fabricar ventiladors per a extreure els fums que sorgien de la fundició.

Avui en dia Casals Ventilació ha entrat amb força en el camp de les noves tecnologies i a dia d'avui disposa de moderna maquinaria amb l'únic objectiu de poder satisfer les necessitats dels seus clients i per tal d'oferir un producte millor i més competitiu.

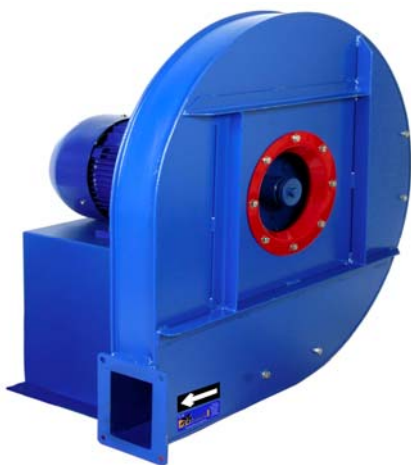


FIGURA 1.1 VENT A LTA PRESSIÓ



FIGURA 1.2 VENT. HELICOÏDAL

Actualment Casals Ventilació disposa d'una planta de 12000m³ en continua expansió, situada a Sant Joan de les Abadesses (Girona), on es fabriquen ventiladors industrials.

Degut al continu creixement de la producció i a la major varietat de productes que avui en dia fabrica Casals Ventilació, el laboratori d'assaig de l'empresa necessita una inversió per tal de poder garantir la qualitat dels productes que ven i a l'hora facilitar dades més fiables en referència als ventiladors que es fabriquen en l'actualitat.

D'aquí a la necessitat de fer un nous bancs d'assaig que puguin mesurar totes les games de ventiladors d'alta pressió que avui en dia fabrica Casals.

La funció que realitza un ventilador, és la de desplaçar una quantitat de volum d'aire, en aquest moviment d'aire hi intervenen dos paràmetres molt importants que determinen quin tipus de ventilador necessitem, que són la pressió i el cabal d'aire, segons les necessitats que tinguem haurem d'escollir quin tipus de ventilador és el més adequat per a arribar a obtenir els resultats que volem.

Existeixen 2 tipus de ventiladors, els helicoïdals i els centrífugs, els primers provoquen el moviment de l'aire paral·lel al seu eix de rotació, aquest tipus de ventiladors poden donar grans quantitats de cabals segons quin sigui el seu diàmetre efectiu i solen donar unes pressions mitges.

Per altra banda tenim els ventiladors centrífugs, aquests es poden dividir en tres famílies segons la pressió que poden donar, existeixen els centrífugs de baixa, mitja i alta pressió.

En el nostre cas es tracta de fer un banc d'assaig per a ventiladors centrífugs d'alta pressió, però amb la innovació de poder mesurar ventiladors helicoïdals de petit diàmetre efectiu, aquest banc hauria de poder mesurar pressions de 2.000 (mmH₂O) i cabals de 14.000 (m³/h), la norma que s'utilitza per a dissenyar aquest banc és la UNE 100-212-90.

Els paràmetres més importants que ha de poder mesurar un banc d'assaig, són el **cabal**, la **pressió total**, la **pressió dinàmica**, la **pressió estàtica**, i la **intensitat** que consumeix un ventilador.

Actualment Casals Ventilació disposa d'un sofisticat banc d'assaig per a mesurar totes les games, la qual cosa comporta a no poder fer tots els assajos que es voldrien fer, i també comporta tenir un gran número d'adaptadors per a tal de poder fer un anàlisi de totes les varietat de ventiladors, ja que la corba característica de cada ventilador varia segons el camp d'aplicació per al que es percebut.

Per a mesurar el ventiladors centrífugs d'alta pressió es disposa de conductes de mesura els quals estan a la norma UNE 100-212-90 pàg. 13, tot i ser mètodes de mesura efectius, tenen l'inconvenient de que és necessari disposar de molt espai per poder guardar correctament aquests útils de mesura i a més es necessiten molts tipus diferents de conductes de mesura per tal d'analitzar diferents games.

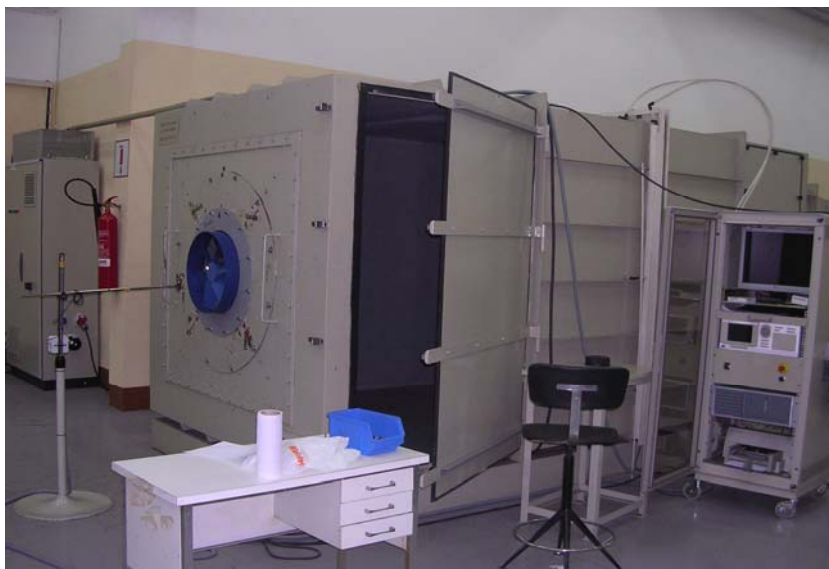


FIGURA 1.3 BANC ASSAIG ACTUAL

1.2 Objecte:

L'objectiu d'aquest projecte, és dissenyar un banc que mesuri ventiladors centrífugs d'alta pressió i que a l'hora pugui analitzar ventiladors helicoïdals de petits cabals, d'aquesta manera es modernitzarien els mètodes de mesura que hi ha actualment, i a més es podrien fer mesures amb més regularitat dels ventiladors industrials que fabrica CASALS.

Els paràmetres més importants que s'han d'analitzar són la pressió dinàmica, pressió estàtica, cabal, potència i intensitat.

També cal remarcar que el software de la màquina el realitza una empresa exterior, especialitzada en el sector, i que aquest projecte té com a objectiu dissenyar el banc i dimensionar-lo segons normativa UNE i a part calcular les necessitats energètiques que aquest banc requereix.

1.3 Especificacions:

1.3.1 Objecte:

Banc d'assaig per a ventiladors industrials, segons UNE 100-211-89, UNE 100-212-90, UNE 100-213-90 i UNE 100-214-90.

1.3.2 Elecció de la tipologia del banc d'assaig:

La elecció del banc d'assaig ve determinada per el cabal i la pressió que hem de mesurar a part d'aquest paràmetres també és important saber l'espai que disposem per tal de triar una tipologia de banc o una altra. Degut a que existeixen 9 tipologies de banc d'assaig, cada una amb les seves característiques geomètriques, haurem de fer una primera elecció per tal de buscar el banc que tingui unes dimensions més acceptables degut a l'espai que disposem, ja que segons la normativa qualsevol de les 9 tipologies de banc d'assaig és apte per a fer un anàlisi de ventilador.

1.3.3 Condicions d'obligat compliment:

- UNE 100-210-89, 100-211-89, 100-212-90, 100-213-90, 100-90.
- Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió
- Seguretat en el treball
- Normativa de seguretat per a màquines

1.3.3 Característiques dels ventiladors a assajar:

- Cabal màxim 14.000 m³/h
- Pressió de treball màxima 2000 mm H₂O
- Potència màxima del ventilador 55Kw

1.3.5 Instal·lacions:

- Línea elèctrica 50 Hz 230/400-400/690V (trifàsica)
- Presa d'aire comprimit

1.3.6 Equips de treball i seguretat:

- Per a manipular els ventiladors és necessari un pont grua
- És necessari l'ús de guants i calçat de seguretat

2 Descripció de la solució:

El dimensionament del banc d'assaig es realitza segons normativa UNE, dels 8 tipus de bancs d'assaig que la norma reflexa, ens hem decidit tipus B (Aspiració lliure, descàrrega en tub, pàg. 4 UNE 100-212-90) , figura 5 (pàg. 7 UNE 100-212-90) Tipus de banc amb càmera de tuberes a la sortida.

Una de les raons per les que ens hem decantat per a aquest tipus de banc d'assaig, és perquè aquesta tipologia de bancs ocupen menys espai, fet que ens condiciona molt.

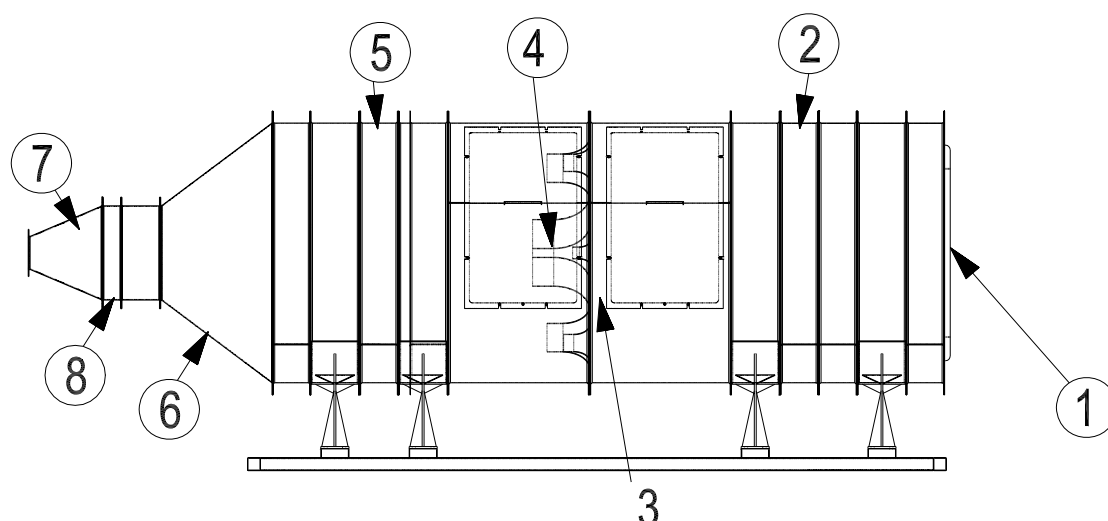


FIGURA 1.4 FUTUR BANC D'ASSAIG

Aquesta tipologia de bancs mesuren el cabal, per mitja de tuberes, el cabal es troba mesurant la pressió que hi ha a la entrada i a la sortida, per mitja de tubs

connectats a transductors, amb aquestes dos dades trobem $\Delta P(\text{mmH}_2\text{O})$ i segons la tipologia de banc amb aquest resultat i per mitjà d'una formula, que ens ve donada segons el banc escollit, trobem el cabal.

2.1 Elements de mesura

En l'anàlisi de ventiladors per mitjà de banc d'assaig, hi ha 4 paràmetres fonamentals, pressió estàtica, pressió dinàmica, pressió total i cabal.

No obstant hi ha altres paràmetres que poden fer variar el resultat d'aquest anàlisi, aquests factors són la temperatura i la humitat, ja que estan ben presents en l'aire, que és el fluid que mouen els ventiladors.

2.1.1 Mesura de pressió

Hi ha 3 pressions, la total, l'estàtica i la dinàmica, per tant la pressió total, és la suma de les altres dos.

La pressió dinàmica, depèn del cabal que dona el ventilador, la pressió estàtica, és la força necessària que ha de fer el ventilador per poder moure aire dins la instal·lació i finalment la pressió total, és la suma de les dos anteriors.

Per a mesurar les pressions, necessitem transductors de pressió, aquests elements reben la mesura de pressió dels tubs que estan al banc, per al nostre banc utilitzarem 4 tipus de transductors, el de 100mmH₂O, 500mmH₂O, 1000mmH₂O i 2000mmH₂O.

Els transductors de 100mmH₂O i 500mmH₂O s'utilitzen per a mesurar la pressió dinàmica, en canvi els altres dos per a mesurar la pressió estàtica dins la cambra.

Per a mesurar la pressió estàtica es requereix d'un manòmetre que va connectat directament al banc per mitjà de les preses de pressió estàtica.

2.1.2 Mesura de potència i intensitat

Per a mesurar aquestes magnituds utilitzem un wattímetre de la marca Yokogawa, aquest està comunicat amb el programa informàtic, per tal de poder fer les gràfiques de consum del ventilador.

Aquest aparell ens mesura la intensitat consumida, voltatge i potència, en freqüències entre 10 i 60Hz, voltatges de 0 a 690V i intensitats entre 0'5 mA i 40 A.

2.1.3 Velocitat de gir

Per mesurar les revolucions per minut que gira el ventilador, s'utilitza un tacòmetre laser, la funció d'aquest aparell, és la d'analitzar si el motor dona les prestacions que posa a la placa tècnica, ja que per la mesura de pressió, cabal, consum, etc no hi interfereix.

2.1.4 Temperatura

Per aquesta tipologia de banc, és necessari saber la temperatura tant dins com fora del banc, ja que variacions de temperatura mitjanes poden fer variar la densitat del fluid que circula per el banc, si no tinguéssim en compte aquesta dada, es podrien donar a lloc errors important en la mesura del cabal.

S'han de fer les mesures de la temperatura a fora i a dins del banc, a fora es pot fer amb un termòmetre convencional, en canvi a dins la càmera és necessari disposar d'un sensor de temperatura, ja que a més velocitat més escalfament hi haurà i tenint en compte que es tracta de ventiladors d'alta pressió aquest escalfament pot ser considerable.

2.1.5 Mesura de Cabal

Les tuberes junt amb el transductor, és l'eina bàsica per a mesurar el cabal, es mesura fent la diferència de pressió entre l'entrada i la sortida de la tubera, trobant ΔP podem trobar el cabal que circula per mitjà d'una formula exclusiva per a cada tipus de banc.

2.2 Adquisició de dades:

El programa d'adquisició de dades, es realitza en una empresa externa especialitzada en realitzar projectes de bancs d'assaig i sistemes de control.

El programa està fet amb Visual Basic, i rep les mesures realitzades en el banc, per mitjà del transductor i del wattímetre, un cop rebudes totes les dades, el mateix programa realitza la corba característica del ventilador.

Tant pot ser corba pressió / cabal, intensitat / cabal i rendiment / cabal.

2.3 Sistema de control:

El sistema de control per al banc d'assaig consta d'un ordinador convencional, l'únic que ha de dur instal·lat el programa realitzat per l'empresa externa (Visual Basic), i a més ha d'estar connectat al wattímetre.

2.4 Correccions en l'anàlisi del ventilador:

Degut a que variacions de temperatura, i altura respecte el nivell del mar fan variar la densitat de l'aire, s'ha de tenir molt en compte aquests factors. (Fulla Excel Simulacions)

Per tant abans de fer l'assaig s'haurà de fer una mesura de les condicions d'assaig tenint en compte la temperatura interior (BANC), temperatura exterior i saber quina és la pressió atmosfèrica (p.ex. Sant Joan de les Abadesses, 680mmHg).

Si no tinguéssim en compte aquestes dades podrien tenir errors en la mesura del cabal del 10%.

Un cop entrades aquestes correccions el programa dona directament les corbes corregides.

2.5 Dimensionament Banc d'assaig:

Per a dimensionar el banc d'assaig s'han seguit les normes UNE 100-212-90, tot i que la norma avarca ventiladors que no excedeixen pressions totals superior a 300 mmH₂O.

El sistema de banc escollit, és del tipus aspiració lliure descàrrega entovada, per a aquest tipus de ventiladors, la secció màxima del ventilador a assajar ve limitada per a la següent formula:

$$D = \sqrt{4 \cdot S / \pi}$$

On D és el diàmetre (m) del banc i S la secció del ventilador (m²).

La longitud ve determinada per a aquest diàmetre segons la figura 1.5 , segons norma UNE 100-212-90 pàg. 7 (figura 5), degut a característiques constructives, la longitud total del banc final, és de 6000 mm, que amb el ventilador auxiliar acoblat esdevé 6800mm i el diàmetre interior del banc és de 1394mm.

No es tenen en compte els acoblaments que connecten el ventilador a assajar amb el banc d'assaig, ja que solen ser uns discs adaptadors que es collen directament entre el banc i la unitat a assajar.

També cal tenir en compte, que la norma diu que amb aquest tipus de bancs l'àrea d'aquest ha de ser com a mínim 9 vegades l'àrea de sortida del ventilador a assajar en el cas de que siguin centrífugs, i que 16 vegades en el cas que d'assaig un ventilador helicoïdal. En els dos casos complim la norma.

2.6 Dimensionament de toveres

Per tal de poder fer un anàlisi d'un ventilador a diferents punts de cabal i pressió, s'han tingut de ficar 4 diàmetres de toveres diferents, a més s'han d'estipular en quins règims s'utilitzaran les diferents toveres i combinacions d'aquestes.

La condició més important perquè les dades de l'assaig siguin fiables, és que es compleixi que la velocitat de l'aire que passa dintre la tovera sigui com a mínim de **14 m/s** (UNE 100-211-89), pàg. 7.

En el nostre al tenir una tipologia de banc amb toveres el·líptiques, la norma ens marca que el numero de Reynolds mínim ha de ser de 12000, també s'ha de tenir en compte que per a cabals molt petits, ens serà impossible complir aquesta condició.

Tot i que en alguns casos el numero de Reynolds no es compleix, també s'ha de tenir en compte que les dades de la taula 1.1, marquen el cas més desfavorable, quan la velocitat és mínima o sigui 14 m/s, que serà en casos molt excepcionals, quan analitzem cabals molt petits.

On Re , és el número de Reynolds, D diàmetre del la tovera, en mm, C és el coeficient d'expansió de la tovera, i S , és la secció del tovera.

DIAMETRE mm	Re	C	SECCIÓ m ²
60	5650,076629	0,9292	0,0028274
90	8475,114944	0,9384	0,0063617
150	14125,19157	0,9492	0,0176715
200	18833,58876	0,9547	0,0314160

Taula 1.1

2.7 Dimensionament del ventilador auxiliar

Per a trobar el ventilador auxiliar més adequat, s'ha d'analitzar bé quins són els punts que produeixen pèrdues, com poden ser canvis de secció, corba, obturacions, etc.

En la següent figura es pot observar els punts considerats conflictius.

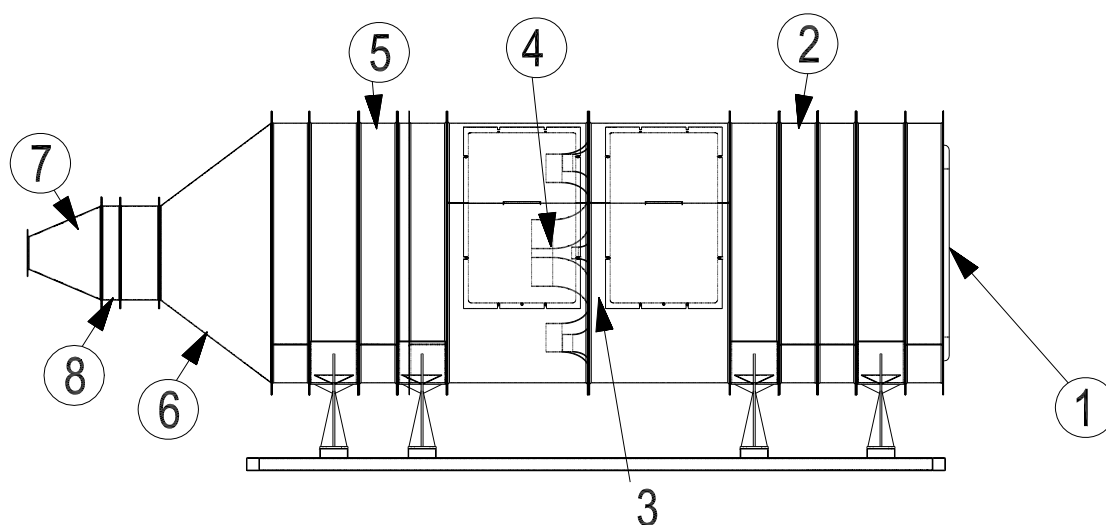


Figura 1.5

DISSENY D'UN BANC D'ASSAIG PER A VENTILADORS INDUSTRIALS D'ALTA PRESSIÓ (MEMÒRIA I ANNEXES)	ETIM (PTFC)
--	--------------------

PUNT 1	CANVI DE SECCIÓ A LA IMPULSIÓ DEL VENTILADOR
PUNT 2	ADREÇADOR DE FLUXE
PUNT 3	CANVI DE SECCIÓ A L'ENTRADA DE LA TUBERA
PUNT 4	CANVI DE SECCIÓ A L'ENTRADA DE LA TUBERA
PUNT 5	ADREÇADOR DE FLUXE
PUNT 6	CANVI DE SECCIÓ
PROPI DEL BANC	ES PROPORCIONAL A LA LONGITUD DEL BANC I A LA VELOCITAT

Taula 1.2

Depenent del ventilador que assagem els punts esmentats a la taula, variaran significativament.

Per tant s'ha d'estipular quin ventilador serà el límit, segons la seva pressió i el seu cabal. El ventilador auxiliar que pot corregir les pèrdues és el tipus AAVP 1003 T2 75CV. (Pàg 430 Catàleg CASALS 2007).

2.8 Fabricació del banc d'assaig

Principalment el banc està fabricat en planxa d'acer AP04, ja que és un material que pot conformar-se bé tant si es dobra, rebordona, solda o es talla amb làser.

Les parts del banc constituïdes amb acer AP04 estan formades per el cos del banc, suports i adaptadors.

Els gruixos necessari per tal de que el banc aguantí la pressió de dins el ventilador sobradament, és de 3mm.

Els adreçadors de fluxe, són de malla d'acer, del tipus de gabià de galliner.

Les juntes d'estanqueïtat són de cautxú.

2.9 Manipulació del banc d'assaig

Per tal de poder manipular el banc, s'ha de tenir en compte quins són els punts importants per fer l'assaig.

- Caudre de control (Depen de l'empresa externa encarregada de fer el programa).

DISSENY D'UN BANC D'ASSAIG PER A VENTILADORS INDUSTRIALS D'ALTA PRESSIÓ (MEMÒRIA I ANNEXES)	ETIM (PTFC)
--	-------------

- Les tuberes es taparan amb una bola de plàstic les tuberes que no siguin necessaries per fer l'assaig (Segons els règims de Cabal i pressió, estipulats a la taula del l'annexe C).
- L'Obturador es regularà automàticament, segons el grau d'obturació que necessitem.

2.10 Manipulació de ventiladors

Per a manipular el ventilador auxiliar, s'utilitza una taula mòbil, en la qual el ventilador hi està collat, d'aquesta manera si s'ha de moure o reparar o el que sigui, només s'ha de descollar del banc.

Els ventiladors a assajar, van col·locats en una taula elevadora, i posteriorment van collats al banc per mitjà del disc adaptador. Quan s'hagin de col·locar a la taula, es disposarà d'un ternar i cadenes amb mosquetons de seguretat. Per a traslladar el ventilador a assajar fins al laboratori de proves, es poden fer els trasllats de dos maneres, amb un trans-palet o amb una carretó elevadora, dependrà del pes del ventilador.

3 Resum del pressupost:

El cost de fabricació del banc d'assaig, és de cinc mil vuit cents trenta sis coma nou euros IVA inclòs.

Només es té en compte les parts mecàniques i estructurals del banc.

Resum del pressupost:

Subtotal Net	5031,81
16%IVA	805,09
Cost Total	5836,9 €

4 Conclusions:

Amb aquest banc d'assaig es pot analitzar aproximadament el 90% de totes les games de ventiladors d'alta pressió que es fabriquen, excepte els ventiladors de grans dimensions.

S'ha optimitzat l'espai que ocupa el banc i a més s'ha dissenyat d'una manera modular per tal de facilitar-ne la fabricació i el muntatge, a part s'ha fabricat de manera que la majoria de les parts que el componen es puguin fabricar dins la mateixa empresa amb els propis medis.

El banc d'assaig s'ha dissenyat complint la normativa UNE.

Per a poder fer útil el banc d'assaig s'ha de muntar un quadre de control, que serà realitzat per una empresa externa, també haurà de disposar d'un software que també el realitza una empresa externa.

5 Índex general del projecte:

Document N°1:	Memòria i annexes
Document N°2:	Plànols
Document N°3:	Plec de condicions
Document N°4:	Estat d'amidaments
Document N°5:	Pressupost

6 Bibliografia:

Publicació:

Projecte de referència de l'antic banc d'assaig de CASALS, realitzat a la universitat alemanya de Fachhochschule Heilbronn pels senyors Eberhard Mrazek i Christoph Wolpert l'any 1992.

Publicacions:

Prontuario Larburu Máquinas, editorial Paraninfo

Robert L. Norton, Diseño de máquinas, editorial Pearson.

Publicació:

Claudio Mataix, mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas, Ediciones Castillo.

Schaum, Mecánica de fluidos e hidráulica, Ronald V. Giles, Editorial Mc Graw Hill

Normativa:

UNE 100-210-89 Ventiladores (Unidades, simbolos y definiciones).

UNE 100-211-89 Ventiladores (Instrumentos y metodos de medida).

UNE 100-212-90 Ventiladores (Dispositivos e instalaciones para el ensayo de ventiladores).

UNE 100-213-90 Ventiladores (Ejecución del ensayo u calculo para presiones has 3000 Pascal).

UNE 100-214-90 Ventiladores (Presentacion de los resultados del ensayo).

Catàlegs:

Casals Ventilación S.L. 2005/2007.

www.casals.tv

Mamplast-moro S.A. 2005, Empresa dedicada al mon de la ventilació industrial.
www.mamplast-moro.it

Subministraments Rifà, Blickle, Ruedas + Horquillas.
www.si-rifa.com

Internet:

Ornibox fabricants de dampers pneumàtics, obturadors.
www.orbinox.com

CMO construccions metàliques d'obturació. www.cmo.es

Components de subjecció, cargoleria.
www.fullermetric.com

ANNEXE A : Estudi d'alternatives

A.1 Introducció:

Segons normativa UNE 100-212-90, existeixen les següents tipologies:

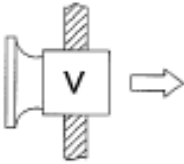
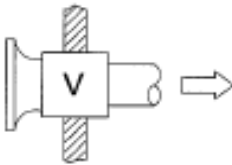
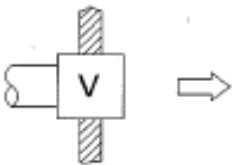
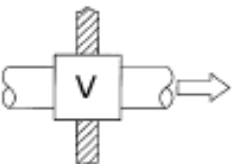
A	aspiració lliure descarga lliure	
B	aspiració lliure descarga entovada	
C	aspiració entovada descarga lliure	
D	aspiració entovada descarga entovada	

Figura A.1

Dels possibles tipus d'assajos que mostra la taula ens interessa el tipus A i el B, ja que fins ara els assajos fets amb els ventiladors d'alta pressió es feien amb els tipus C i D, i com ja he comentat és necessari una gran quantitat d'accessoris per a poder fer l'assaig.

Entre els tipus A i B podem treure les següents conclusions:

A.2 Bancs d'assaig tipus B:

Entre aquestes tipologies de bancs la norma en recalca 4 models, Fig. 5, pàg. 7 (Assaig amb càmera de toveres a la sortida).

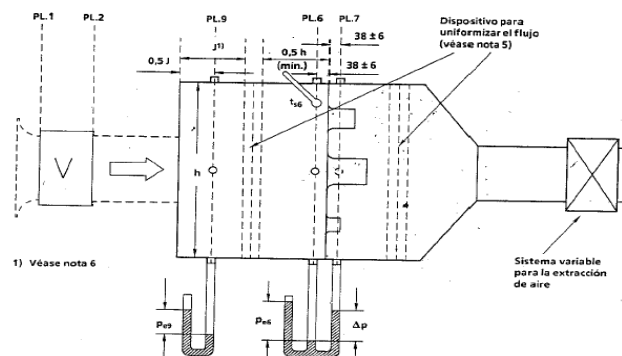


Figura A.2

Ens hem decantat per aquesta tipologia de banc, les raons, més importants són la reducció de les dimensions i possibilitat de no haver de canviar de tuberia ja que les porta incorporades a dins i no s'han de muntar i desmuntar, segons el rang de cabals necessaris.

A.3 Bancs d'assaig tipus A:

-Entre aquest tipus de banc, la figura 6 de la pàg. 8 de la norma UNE 100-212-90, (Assaig amb tub de Pitot i cambra d'entrada)

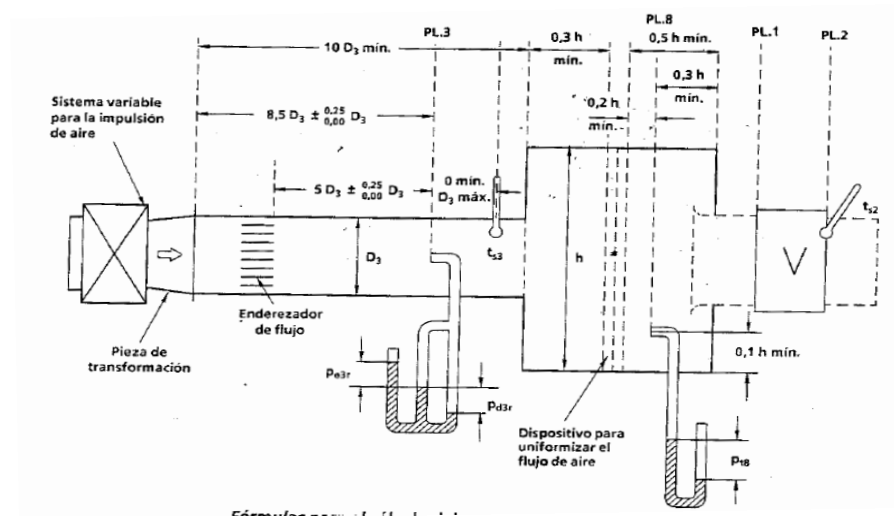


Figura A.3

El problema d'aquesta tipologia de banc, són les grans dimensions que requereix, segons norma UNE 100-212-90, pàg.19, punt 4.9 Cambres d'entrada, l'àrea del banc, al interior, com a mínim ha de ser de 16 vegades l'àrea del ventilador, per tant la secció útil del banc seria la següent.

Secció màx. Ventilador	Secció mín. del banc	Diàmetre mín. de banc
0,1696 m².	2,71 m².	2097,2 mm

Taula A.1

Per tant les dimensions augmenten considerablement diametralment, en referència a la longitud que hauria de tenir el banc, només veient el conducte de sortida del ventilador a assajar, veiem que ha de ser de com a mínim 10 vegades el diàmetre, o sigui 5 metres, per tant aquesta tipologia de banc no ens surt factible.

A part, la mesura de l' Δp es mesura per mitjà dels tubs de Pitot, al tenir una gran superfície ens obliga a posar-hi gran quantitat de tubs de Pitot per a fer l'assaig, i ens afecta directament al cost.

-L'altre tipus de banc, seria el de la figura 8 de la norma UNE 100-212-90, pàgina 10 (Assaig amb tovera i cambra d'entrada)

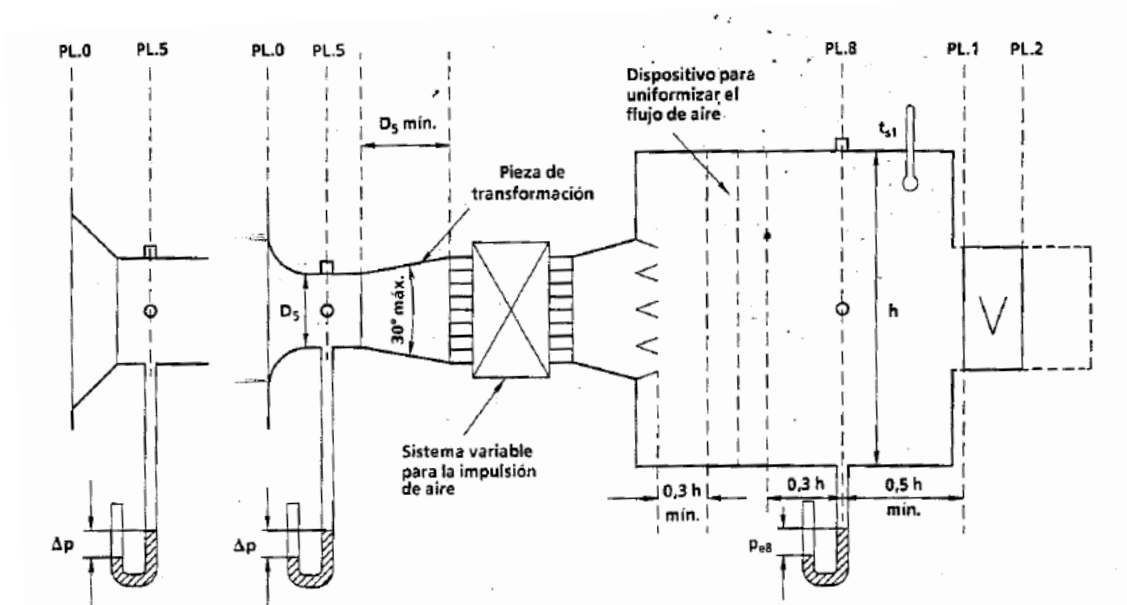


Figura A.3

Aquesta tipologia de banc, és el que disposa actualment CASALS, al igual que el banc esmentat anteriorment, aquesta tipologia de banc necessita grans

DISSENY D'UN BANC D'ASSAIG PER A VENTILADORS INDUSTRIALS D'ALTA PRESSIÓ (MEMÒRIA I ANNEXES)	ETIM (PTFC)
--	-------------

dimensions, ja que la superfície del banc, ha de ser com a mínim 16 vegades la superfície del ventilador a assajar.

A part per a fer l'anàlisi de cabals és necessari un gran nombre de toveres, i s'han de fer uns rangs d'ús, això implica que s'han d'anar canviant les toveres per tal de fer un assaig complet i poder analitzar la corba característica del ventilador a assajar.

ANNEXE B: Dimensionament del banc

B.1 Introducció:

Per tal de dimensionar el banc d'assaig s'ha de tenir en compte que una de les limitacions del banc és el diàmetre interior d'aquest.

Com que el banc es construirà dins l'empresa amb els propis medis i conjuntament entre el departament tècnic i el departament de fabricació, per limitacions de producció el diàmetre màxim que pot fer el banc d'assaig, és de 1394 mm, d'aquí obtenim que la secció interior màxima del banc d'assaig és de 1,5262 m².

L'àrea de sortida del ventilador a assajar serà com a molt 1/9 part de l'àrea total del banc d'assaig segons normativa UNE 100-212-90 (pàg.7 fig.5), d'aquí que ens restringeixi l'abast dels ventiladors que podem assajar.

Per tant l'àrea màxima que pot tenir el ventilador a assajar a la impulsió és de 0,1696 m². Per tant, s'ha de fer un estudi dels ventiladors que es poden assajar segons aquesta restricció.

Resum càlculs preliminars:

<i>Diàmetre banc (interior)</i>	<i>Secció eficaç banc</i>	<i>Secció màxima ventilador</i>
1394 m	1,5262 m ² .	0,1696 m ² .

Taula B.1

Un cop trobades aquestes dades, s'ha de buscar les dimensions longitudinals del banc, seguint la norma UNE 100-212-90, (pàg.7 fig.5)

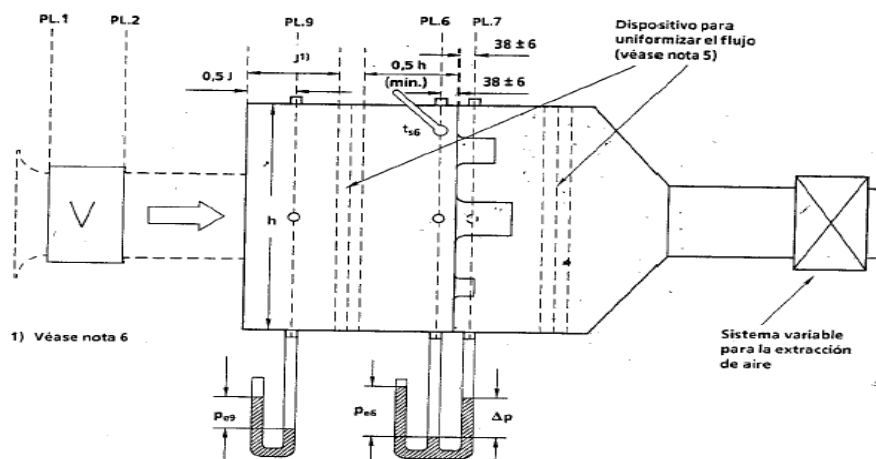


Figura B.1

La cota J, segons la norma, diu que ha de ser com a mínim igual al diàmetre equivalent al ventilador a assajar, per tant utilitzant les dades de la taula podem saber quina és la secció màxima del ventilador a assajar.

$$J = \sqrt{(S \cdot 4) / \pi} = 0,4647 \text{ m}$$

On J, és un de les mides que ens marca la norma per dimensionar el banc i S és la secció del ventilador a assajar.

La normativa també recalca que la distància que hi ha d'haver entre la sortida de la tubera major i els adreçadors, ha de ser com a mínim de 2,5 vegades la gola de la tubera més gran que en el nostre cas serà de 500 mm ja que la tubera més gran fa 200 mm de diàmetre.

També cal tenir en compte que la distància entre els elements de regulació del flux, en el nostre cas, pantalles de malla quadrada (gàbia de galliner) hi ha d'haver una distància entre ells de $0,1 \cdot H$ (segons norma UNE 100-212-90 pàg.20 punt 4.11).

Un cop trobades les condicions que marca la normativa, podem trobar les dimensions del banc, des de la sortida del ventilador a assajar fins a l'última malla adreçadora.

$$L1 = J + 0,2 \cdot h + 0,5 \cdot h + D + 2,5 \cdot D + 0,2 \cdot h$$

On L1, és la mida del cos del banc, longitud total, D el diàmetre de la tovera més gran i h, és el diàmetre interior del banc d'assaig.

Finalment obtenim que $L1 = 2,14 \text{ m (mín.)}$ (Sense tenir en compte els adaptadors)

Per tal de dimensionar els adaptadors, intentarem buscar un angle que ens doni el mínim de pèrdues, sense tenir d'allargar massa el banc d'assaig.

Hem escollit un angle de 37° per tal de buscar un equilibri entre les pèrdues que es poden originar i que no tinguin una longitud excessiva.

L'adaptador del banc a l'adaptador ens dona una longitud de $L2 = 0,593 \text{ m}$

El conducte que uneix l'adaptador entre el banc d'assaig i l'obturador, ha de tenir una amplada suficient com per poder collar els cargols que uneixen les dos peces, per tant amb una amplada de 200 mm, $L3 = 0,2 \text{ m}$ en tindrem de sobres.

L'element obturador CMO (LR-DN500) té una amplada de 100mm, $L4 = 0,1 \text{ m}$ entre les brides de subjecció.

Finalment l'adaptador entre l'obturador i el ventilador auxiliar, i regint-nos en buscar un equilibri entre pèrdues i distància total de l'element, hem cregut que amb un angle de 23° , no excedim en molt ni les pèrdues ni la longitud de l'element, la longitud d'aquest adaptador, és de $L5 = 0,4 \text{ m}$

Per tant suposadament la longitud mínima del banc d'assaig és la següent:

$L(\text{total}) = L1 + L2 + L3 + L4 + L5 = \mathbf{3,436 \text{ m}}$

(sense tenir en compte el ventilador auxiliar).

També s'ha de s'ha de valorar que intentarem unificar les longituds dels mòduls del banc per tal de facilitar-ne el muntatge.

ANNEXE C: Càlcul toveres**C.1 Introducció:**

Segons la tipologia de banc d'assaig escollida, tipus d'assaig amb cambra de sortida del ventilador (segons norma UNE-100-212-90, pàg.7).

La tipologia de les toveres a utilitzar, són del tipus el·líptiques.

Tenim varis factors que ens condicionen les dimensions de les toveres que necessitem , són els següents:

- Cabal màxim (12000 m³/h)
- Velocitat mínima que ha de passar per la tovera (14 m/s UNE-100-211-89, pàg. 7, punt 5.2).
- Distribució de les toveres (UNE 100-212-90, pàg.20, punt 4.12), les toveres s'han de col·locar lo més simètricament que es pugui, a part la distància entre la tovera i les parets del banc, ha de ser com a mínim 1,5 vegades el diàmetre de la tovera, a més si s'utilitzen varies toveres simultàniament, aquestes han d'estar a una distància de 3 vegades el diàmetre de la tovera més gran.
- Correccions de densitat del fluid (aire)
- Pressions màximes entre l'entrada i la sortida de la tovera, depèn del transductor que disposem. El de 100mmH₂O per tuberes, el de 500 i 1000 mmH₂O per mesurar pressió estàtica.

C.2 Càlcul dels diàmetres:

Per fer el càlcul dels diàmetres necessaris, fem un mostreig amb diferents mides de toveres. Amb aquest mostreig podem trobar quin Δ pressió transcorre entre l'entrada i la sortida de la tovera i quin cabal pot proporcionar.

Hem escollit els següents diàmetres: 60, 100, 150, 160, 200 mm.

Segons la norma UNE 100-212-90 pàg.7, la formula per a trobar el cabal que passa per un banc d'aquesta tipologia, és el següent:

$$\beta = 0, \text{ però s'ha de tenir en compte } CY :$$

$$Q = 4.429 \times CY \times A_6 \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

En el nostre cas fem el càlcul com si les toveres treballessin individualment.

Per a buscar l' Δp que passa per la tovera utilitzem la següent expressió, també del la norma UNE 100-212-90 pàg.7.

$$\Delta P(\text{mmH}_2\text{O}) = \frac{Q^2 (\text{m}^3/\text{h})}{10.085 \times D^4}$$

A les taules C.1 fins a la C.6, es poden veure els resultats obtinguts.

A les taules està marcat amb files de diferents colors quins són els marges de treball de les tuberes, amb gris està marcat el punt de cabal mínim i amb groc el màxim, es pot apreciar que podem arribar perfectament als 12000 m³/h que demanàvem.

PRESSIONS CALCULADES EN UNA SOLA TOVERA CY=1 y B=0

TOVERA (mm)	CABAL (m³/h)	VELOCTAT (m/s)	PRESSIÓ (mmH₂O)	TRANSDUCTOR (mmH₂O)
60	100	9,82	5,90	100
60	150	14,74	13,29	100
60	160	15,72	15,12	100
60	200	19,65	23,62	100
60	300	29,47	53,14	100
60	350	34,39	72,33	100
60	400	39,30	94,48	500
60	450	44,21	119,57	500
60	500	49,12	147,62	500

Taula C.1

TOVERA (mm)	CABAL (m³/h)	VELOCTAT (m/s)	PRESSIÓ (mmH₂O)	TRANSDUCTOR (mmH₂O)
90	100	4,37	1,17	100
90	200	8,73	4,67	100
90	300	13,10	10,50	100
90	320	13,97	11,94	100
90	390	17,03	17,74	100
90	500	21,83	29,16	100
90	600	26,20	41,99	100
90	700	30,56	57,15	100
90	800	34,93	74,65	100
90	900	39,30	94,48	100
90	1000	43,66	116,64	500

Taula C.2

TOVERA	CABAL	VELOCTAT	PRESSIÓ	TRANSDUCTOR
(mm)	(m3/h)	(m/s)	(mmH2O)	(mmH2O)
100	100	3,54	0,77	100
100	200	7,07	3,06	100
100	300	10,61	6,89	100
100	400	14,15	12,24	100
100	500	17,68	19,13	100
100	600	21,22	27,55	100
100	700	24,76	37,50	100
100	800	28,29	48,98	100
100	900	31,83	61,99	100
100	1000	35,37	76,53	100
100	1100	38,90	92,60	500

Taula C.3

TOVERA	CABAL	VELOCTAT	PRESSIÓ	TRANSDUCTOR
(mm)	(m3/h)	(m/s)	(mmH2O)	(mmH2O)
150	300	4,72	1,36	100
150	400	6,29	2,42	100
150	500	7,86	3,78	100
150	600	9,43	5,44	100
150	700	11,00	7,41	100
150	800	12,58	9,67	100
150	900	14,15	12,24	100
150	1200	18,86	21,77	100
150	1300	20,43	25,55	100
150	2000	31,44	60,46	100
150	2200	34,58	73,16	100
150	2400	37,73	87,07	100
150	2500	39,30	94,48	500
150	3000	47,16	136,05	500

Taula C.4

TOVERA	CABAL	VELOCTAT	PRESSIÓ	TRANSDUCTOR
(mm)	(m3/h)	(m/s)	(mmH2O)	(mmH2O)
160	300	4,14	1,05	100
160	500	6,91	2,92	100
160	700	9,67	5,72	100
160	900	12,43	9,46	100
160	1000	13,82	11,68	100
160	1500	20,72	26,27	100
160	2000	27,63	46,71	100
160	2200	30,39	56,52	100
160	2600	35,92	78,94	100
160	2800	38,68	91,55	500
160	3000	41,45	105,09	500

Taula C.5

TOVERA	CABAL	VELOCITAT	PRESSIÓ	TRANSDUCTOR
(mm)	(m3/h)	(m/s)	(mmH2O)	(mmH2O)
200	300	2,65	0,43	100
200	500	4,42	1,20	100
200	1000	8,84	4,78	100
200	1584	14,01	12,00	100
200	2000	17,68	19,13	100
200	3000	26,53	43,05	100
200	4000	35,37	76,53	100
200	4500	39,79	96,85	500
200	5000	44,21	119,57	500
200	7000	61,89	234,36	500

Taula C.6

També comentar que quan funcionem simultàniament toveres, és com si treballessin en paral·lel, la pressió que passa per elles, l' Δp és la mateixa en cada tovera, s'assimila al funcionament de resistències en paral·lel, on l' Δp seria la intensitat que passa per cada resistència.

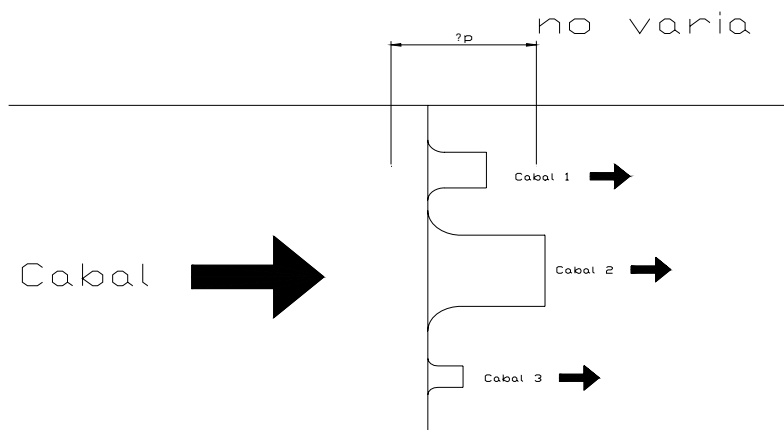


Figura C.1

C.3 Rangs de treball de les toveres:

Per tal d'aconseguir mesurar els cabals de la millor manera possible, gràcies a les dades obtingudes en les taules podem trobar quines toveres necessitem per a mesurar tots els punts de cabal.

RANGS DE TREBALL DE LES TUBERES

	TUB.Ø60		TUB.Ø80		TUB.Ø150		TUB.Ø200	
	Nº tuberías	$\Delta p(\text{mmH}_2\text{O})$	Nº tuberías	$\Delta p(\text{mmH}_2\text{O})$	Nº tuberías	$\Delta p(\text{mmH}_2\text{O})$	Nº tuberías	$\Delta p(\text{mmH}_2\text{O})$
12000 A 6500 m³/h					2	77 a 20	2	77 a 20
6500 A 4000 m³/h							2	43 a 19
4000 A 1800 m³/h					2	60 a 12,24		
1800 A 900 m³/h					1	49 a 12,24		
900 A 400 m³/h			1	94,28 a 18,7				
400 A 0 m³/h	1	94,8 a 0						

Taula C.7

C.4 Correccions dels cabals:

Al tenir un banc d'assaig que analitza ventiladors d'altra pressió, és obvi que hi haurà escalfament dins al banc i que aquest fet variarà la densitat de l'aire ja que aquest és sensiblement notable als canvis de temperatura i a la pressió atmosfèrica.

Per tal de poder fer correccions en aquest aspecte, hem de disposar de sondes de temperatura a fora i a dins del banc, per poder fer les correccions.

Per tal de poder fer les correccions, primer s'han de calcular uns paràmetres:

- Δ pressió (mmH₂O)
- Velocitat que passa per la tubera (m/s)
- β (adimensional)
- P atmosfèrica (mmHg)
- T° exterior/interior al banc (°C)
- Densitat corregida (kg/m³)
- μ viscositat aire (N·s/m³)
- Numero de Reynolds
- C coeficient de descàrrega de la tubera (adimensional)
- Y Factor d'expansió (adimensional)
- y Relació de pressió estàtica (adimensional)

C.4.1 Càlcul de la diferència de pressió entre la tovera (Δp):

Per a buscar l' Δp que passa per la tovera utilitzem la següent expressió, també del la norma UNE 100-212-90 pàg.7.

$$\Delta P(mmH_2O) = \frac{Q^2(m^3/h)}{10.085 \times D^4}$$

C.4.2 Càlcul velocitat:

$$V(m/s) = \frac{Q(m^3/s)}{S(m^2)}$$

C.4.3 Càlcul de la relació entre els diàmetres d'entrada i sortida de la tovera (β):

És la relació entre els diàmetres d'entrada i de sortida de la tovera, en el nostre cas i segons la norma UNE 100-213-90 pàg.5 punt 5.3.2.2, la relació β és igual a zero ja que la nostra tipologia de banc és de cambra de toveres.

C.4.4 Pressió atmosfèrica:

Segons a quina latitud fem l'assaig tindrem una pressió atmosfèrica determinada, a continuació es pot veure quines pressions tenim en cada cas. En les següents taules podem trobar la pressió atmosfèrica segons on estem:

FACTOR DE CORRECCIÓ DE DENSIDAD POR TEMPERATURA Y ELEVACIÓN													
Elevación en metros por encima del nivel del mar													
Temp. del aire	Nivel del mar	300	450	600	750	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000
Presión barométrica en milímetros de mercurio (Hg)													
°C	760	735	720	705	695	680	655	630	610	585	560	545	520
-40	1,234	1,191	1,170	1,15	1,128	1,105	1,066	1,028	0,987	0,956	0,941	0,883	0,847
-18	1,152	1,11	1,092	1,072	1,052	1,033	0,950	0,957	0,922	0,894	0,852	0,823	0,791
0	1,082	1,043	1,024	1,005	0,990	0,970	0,934	0,900	0,865	0,838	0,800	0,774	0,742
20	1,000	0,964	0,947	0,930	0,913	0,896	0,864	0,832	0,799	0,774	0,739	0,715	0,687
38	0,946	0,912	0,895	0,878	0,863	0,847	0,816	0,785	0,755	0,732	0,698	0,675	0,649
66	0,869	0,838	0,824	0,807	0,793	0,779	0,750	0,722	0,695	0,672	0,642	0,622	0,596
93	0,803	0,775	0,760	0,747	0,733	0,720	0,693	0,667	0,642	0,622	0,593	0,574	0,552
121	0,747	0,720	0,707	0,695	0,682	0,670	0,645	0,622	0,592	0,578	0,552	0,535	0,512
149	0,697	0,672	0,660	0,647	0,626	0,625	0,602	0,579	0,557	0,540	0,515	0,498	0,478
177	0,654	0,630	0,620	0,608	0,597	0,586	0,564	0,543	0,522	0,507	0,483	0,467	0,449
205	0,616	0,594	0,583	0,572	0,562	0,552	0,532	0,512	0,482	0,477	0,455	0,440	0,423
260	0,553	0,534	0,524	0,514	0,505	0,496	0,478	0,460	0,442	0,428	0,409	0,396	0,380
316	0,500	0,482	0,474	0,465	0,456	0,448	0,432	0,416	0,400	0,387	0,370	0,385	0,344
372	0,457	0,441	0,433	0,425	0,417	0,410	0,395	0,380	0,366	0,354	0,338	0,327	0,314

Taula C.8

C.4.5 Regulació de densitat segons temperatura:

La densitat de l'aire té una sensibilitat notable depenent de la temperatura, per tant ens pot fer variar el cabal del ventilador. Per tal de poder fer un assaig correcte, és important poder saber quina densitat té l'aire que circula per el banc.

Per poder-ho fer necessitem dos sondes de temperatura per poder saber quina temperatura hi ha a d'interior, com a l'exterior del banc, el software del banc s'encarregarà de corregir aquesta dada.

C.4.6 Regulació de densitat de l'aire:

Per poder regular la densitat de l'aire utilitzem la norma UNE 100-213-90 pàg.3 punt 5.2.2, dona la formula de correcció de densitats per a un banc d'assaig per a conductes o cambres.

$$\delta_x = \delta_o * \left(\frac{t_{so} + 273,2}{t_{sx} + 273,2} \right) * \left(\frac{p_{ex} + 133,322 * p_{ao}}{133,322 * p_{ao}} \right)$$

On δ_x , és la densitat corregida, δ_o densitat, en estat normal 1,2 kg/m³, t_{so} , és temperatura assaig fora el banc (°C), t_{sx} és la temperatura d'assaig dins el banc (°C), p_{ex} és la pressió total del banc (mmH2O) i p_{ao} és la pressió atmosfèrica (mmHg)

C.4.7 Viscositat de l'aire:

La viscositat de l'aire és 1,82*10E-5

C.4.8 Numero de Reynolds:

El numero de Reynolds adequat per poder fer l'anàlisi d'un ventilador és de 12000 mínim, és un factor que depèn del diàmetre, viscositat, densitat i velocitat que passa per la tubera.

Per poder calcular el nº de Reynolds la norma UNE 100-213-90 pàg.5 punt 5.3.2.5, utilitzem la següent expressió:

$$Re = \frac{D * V * \delta}{\mu}$$

On Re, és el número de Reynolds, D és el diàmetre de la tovera, V velocitat que passa per la tovera, δ és la densitat del fluid i μ és la viscositat de l'aire.

C.4.9 Coeficient de descàrrega de les tuberes:

El coeficient de descàrrega és una característica de la forma de la tovera, en el nostre cas tenim toveres del tipus el·líptic o sigui $L/D=0,6$.

Aquest coeficient pot fer variar el cabal.

Segons la norma UNE 100-213-90 pàg.6 punt 5.3.2.6, es calcula amb la següent expressió.

$$C = 0,9986 - \frac{7,006}{\sqrt{Re}} + \frac{134,6}{Re}$$

A la següent taula hi ha els coeficients C per a cada diàmetre de tovera.

On Re , és el número de Reynolds, D diàmetre de la tovera, en mm, C és el coeficient d'expansió de la tovera, i S , és la secció del tovera.

DIAMETRE mm	Re	C	SECCIÓ m ²
60	5650,076629	0,9292	0,0028274
90	8475,114944	0,9384	0,0063617
150	14125,19157	0,9492	0,0176715
200	18833,58876	0,9547	0,0314160

Taula C.9

C.4.10 Factor d'expansió:

És una característica de l'aire que ens intervé directament a l'hora de corregir el cabal, per tal de trobar-lo la norma UNE 100-213-90 pàg.5 punt 5.3.2.3 dona la següent expressió.

$$y = 1 - (0,548 + 0,71 * \beta E^4) * (1 - \varphi)$$

C.4.11 Relació de pressió estàtica:

És una característica de les pressions absolutes a la sortida de la tovera. Es calcula per mitja de la següent fórmula que està dins la norma UNE-213-90 pàg.4 punt 5.3.2.1

$$\varphi = 1 - \frac{\Delta p}{\rho x \cdot R \cdot (ts + 273,2)}$$

DISSENY D'UN BANC D'ASSAIG PER A VENTILADORS INDUSTRIALS D'ALTA PRESSIÓ (MEMÒRIA I ANNEXES)	ETIM (PTFC)
--	-------------

A les següents taules es pot veure quina utilitat tenen totes aquestes formules i segons la temperatura i on estem situat respecte el nivell del mar, la variació que produeix en el cabal.

Partim d'un diàmetre de tovera i d'un cabal, escollit per nosaltres, d'aquestes dos dades podem trobar la velocitat que passa per dins la tovera i la diferència de pressió entre la entrada i la sortida de la tovera, la relació entre diàmetres d'entrada i sortida de la tovera sabem que és igual a zero, ja que ho diu la norma.

		TOVERA		
TOVERA EL·LÍPTICA(mm)	CABAL(m3/h)	Ap(mmH2O)	VEL(m/s)	BETA (B)
100	200	3,06101	7,07355	0
100	300	6,88728	10,6103	0
100	500	19,1313	17,6839	0
100	700	37,4974	24,7574	0
100	900	61,9855	31,831	0
100	1000	76,5253	35,3678	0

Taula C.10

Per trobar la densitat corregida, hem de saber a quina pressió atmosfèrica estem, densitat de l'aire, i temperatures que hi ha dins i fora del banc, a part s'ha de saber la pressió estàtica que hi ha dins al banc degut al ventilador a assajar.

COND ATMOSFÈRIQUES			CORRECCIÓ DENSIDAT		
Patm (Pao)	Text (Tao)	DENSIDAD (do)	Tint (Tsx)	Pest int (Pex)	DENS.COR. (dx)
760	22	1,20	40,00	2000,00	1,35
760	22	1,20	40,00	2000,00	1,35
760	22	1,20	40,00	2000,00	1,35
680	22	1,07	30,00	2000,00	1,27
760	22	1,20	40,00	2000,00	1,35
760	22	1,20	40,00	2000,00	1,35

Taula C.11

DISSENY D'UN BANC D'ASSAIG PER A VENTILADORS INDUSTRIALS D'ALTA PRESSIÓ (MEMÒRIA I ANNEXES)	ETIM (PTFC)
--	--------------------

La viscositat de l'aire no varia, és una dada fixa, però el número de Reynolds varia molt segons el cabal, a part, el coeficient de descàrrega de la tovera, està condicionat per el numero de Reynolds, així com la relació de pressió estàtica i el factor d'expansió.

VISC.aire μ	REYNOLS	CTOVERA	REL Pest (y)	FACT.EXP(Y)
1,82E-05	52318,58358	0,97	0,9998	0,9999
1,82E-05	78477,87538	0,97	0,9994	0,9997
1,82E-05	130796,459	0,98	0,9984	0,9991
1,82E-05	172473,4803	0,98	0,9967	0,9982
1,82E-05	235433,6261	0,98	0,9950	0,9972
1,82E-05	261592,9179	0,98	0,9938	0,9966

Taula C.12

Finalment obtenim el cabal corregit, que si el comparem amb el cabal inicial, té una diferència notable.

CABAL CORREGIT (m3/h)
182,3475906
275,3099817
461,5838515
667,073792
833,8363355
926,6356064

Taula C.13

Al final es pot apreciar com pot variar el cabal segons la temperatura, ja que aquesta modifica notablement totes les característiques del fluid.

ANNEXE D: Pèrdues de càrrega

D.1 Introducció:

Les pèrdues de càrrega que poden produir-se durant l'assaig, és vital que es puguin regular, ja que en cas de que no es puguin regular, l'assaig podria ser un fracàs.

Abans de poder realitzar aquest càlcul, s'ha de saber quines dimensions tindrà el banc i analitzar quins seran els punts conflictius de l'assaig com poden ser canvis de secció, curvatures i obturacions.

En el següent esquema es mostra quins són els punts més desfavorables:

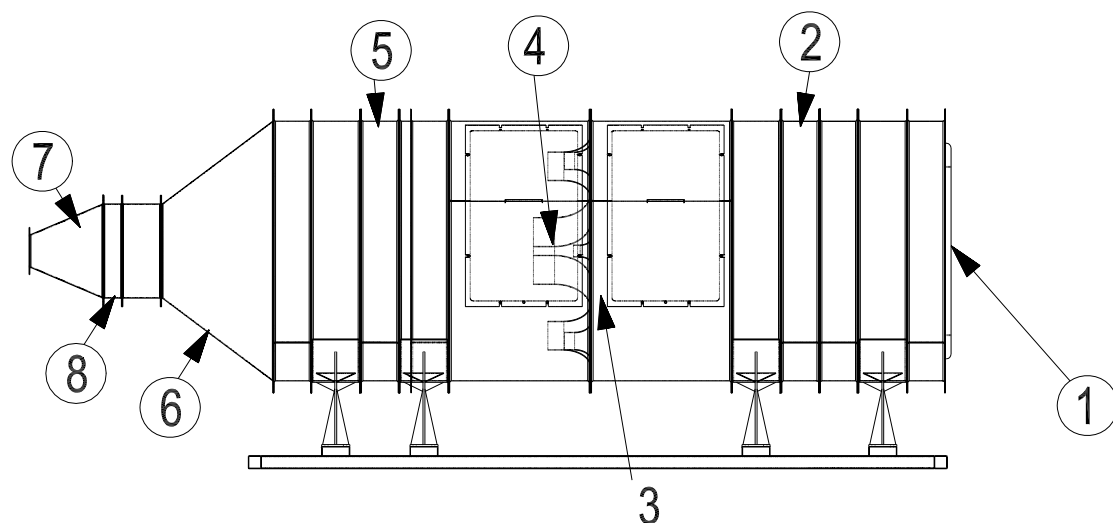


Figura D.1

PUNT 1	CANVI DE SECCIÓ A L'IMPULSI DEL VENTILADOR
PUNT 2	ADREÇADOR DE FLUXE
PUNT 3	CANVI DE SECCIÓ A L'ENTRADA DE LA TOVERA
PUNT 4	CANVI DE SECCIÓ A LA SORTIDA DE LA TOVERA
PUNT 5	ADREÇADOR DE FLUXE
PUNT 6	CANVI DE SECCIÓ
PUNT 7	CANVI DE SECCIÓ
PUNT 8	PROPI DE L'OBTURADOR
PROPI DEL BANC	ES PROPORCIONAL A LA LONGITUD DEL BANC I A LA VELOCITAT

Taula D.1

A part d'aquests punts també s'ha de tenir en compte les pèrdues provocades per la longitud del banc.

D.1.1 Punt 1:

Canvi de secció a la impulsió del ventilador, per trobar les pèrdues de càrrega en aquest punt el comparem com si fos un canvi de secció brusca a la sortida del ventilador.

L'expressió per a trobar aquesta pèrdua, és la següent:

$$P1 = 0,973 \cdot \frac{Q^2}{D1^4} \cdot \zeta 1$$

On $\zeta 1 = 1$

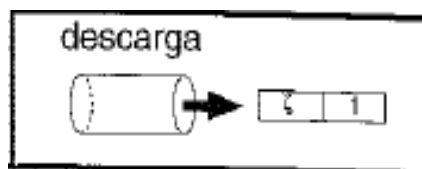


Figura D.2

D.1.2 Punt 2 i 5:

Adreçador de flux, per trobar les pèrdues de càrrega en aquest punt el comparem com si fos un canvi de secció suau.

S'ha de tenir en comte que hi ha sis malles, però en realitat un grup de 3 malles funciona com a un adreçador, per tant hi ha 2 adreçadors de flux en el banc.

L'expressió per a trobar aquesta pèrdua, és la següent:

$$P2 = 0,973 \cdot \frac{Q^2}{D1^4} \cdot \zeta 2$$

On $\zeta 2 = 0,26$

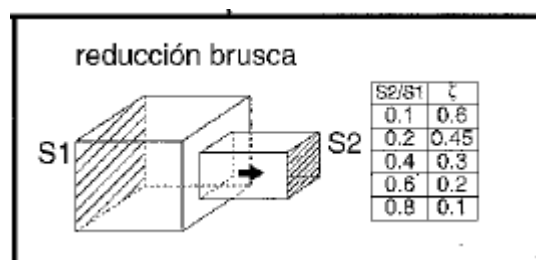


Figura D.3

D.1.3 Punt 3:

Canvi de secció a l'entrada de la tovera, per trobar les pèrdues de càrrega en aquest punt el comparem com si fos un canvi de secció suau.

No serà sempre igual ja que no funcionen sempre totes les toveres, el càlcul d'aquest punt dependrà de les toveres que estiguin funcionament.

L'expressió per a trobar aquesta pèrdua, és la següent:

$$P3 = 0,973 \cdot \frac{Q^2}{D1^4} \cdot \zeta 3$$

On $\zeta 3 = 0,2$

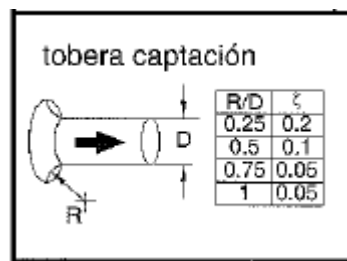


Figura D.4

D.1.4 Punt 4:

Canvi de secció a la sortida de la tovera, per trobar les pèrdues de càrrega en aquest punt el comparem com si fos un canvi de secció suau.

No serà sempre igual ja que no funcionen sempre totes les toveres, el càlcul d'aquest punt dependrà de les toveres que estiguin funcionant.

L'expressió per a trobar aquesta pèrdua, és la següent:

$$P4 = 0,973 \cdot \frac{Q^2}{D1^4} \cdot \zeta 4$$

On $\zeta 4 = 1$

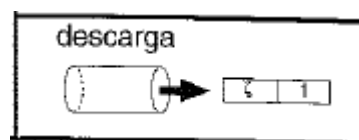


Figura D.5

D.1.5 Punt 6:

Canvi de secció a l'entrada de l'obturador, per trobar les pèrdues de càrrega en aquest punt el comparem com si fos un canvi de secció suau, ja que hi ha l'adreçador.

L'analitzem segons l'angle d'inclinació de l'adaptador.

L'expressió per a trobar aquesta pèrdua, és la següent:

$$P6 = 0,973 \cdot \frac{Q^2}{D2^4} \cdot \zeta 6$$

On $\zeta 6 = 0,15$

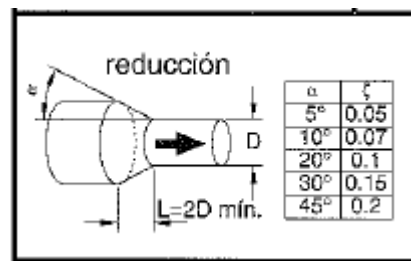


Figura D.6

D.1.6 Punt 7:

Canvi de secció a l'entrada del ventilador auxiliar, per trobar les pèrdues de càrrega en aquest punt el comparem com si fos un canvi de secció suau, ja que hi ha l'adreçador.

L'analitzem segons l'angle d'inclinació de l'adaptador.

L'expressió per a trobar aquesta pèrdua, és la següent:

$$P7 = 0,973 \cdot \frac{Q^2}{D3^4} \cdot \zeta 7$$

On $\zeta 7 = 0,1$

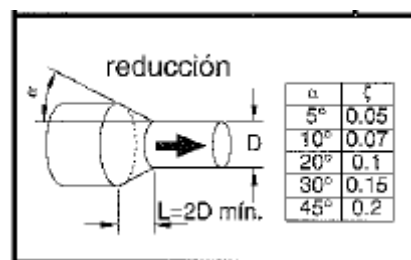


Figura D.7

D.1.7 Punt 8:

Pèrdues de l'obturador, s'analitza segons el grau d'obturació, va de 1 fins a 10, l'analitzem com un canvi de secció brusca.

L'expressió per a trobar aquesta pèrdua, és la següent:

$$P8 = 0,6 \cdot x \cdot \frac{Q^2}{S3^4}$$

On $x = 0,6 \cdot x$

$x \text{ de } 1 \text{ a } 10$

D.1.9 Propi del banc:

Aquesta pèrdua de càrrega depèn de la longitud i de la secció del banc d'assaig.

L'expressió per a trobar aquesta pèrdua, és la següent:

$$P9 = 0,6 \cdot \frac{Q^2}{D1^4} \cdot \zeta9$$

On $\zeta9 = 0,015$

Per tant l'expressió final de les pèrdues de càrrega totals del sistema, és la següent:

$$P_{total} = P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7 + P8 + P9$$

La formula acaba tenint la següent expressió:

$$P_{total} = 2,7443 \cdot \frac{Q^2}{D1^4} + 0,146 \cdot \frac{Q^2}{D2^4} + 0,6 \cdot x \cdot \frac{Q^2}{\left(\frac{\Pi \cdot D2^4}{4} \right)^2} + 0,0146 \cdot \frac{Q^2}{D7^4}$$

D.2 Resultats obtinguts:

A les següents taules es poden veure els resultats obtinguts.

Seccions	2-200 i 2-150	2-200 i 2-150	2-200 i 2-150	2-200 i 2-150	2-200 i 2-150	
D 1	-	-	-	-	-	(m)
D 6	1,394	1,394	1,394	1,394	1,394	(m)
D 7	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	(m)
Cabal	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	(m³/h)
X	12000	10625	9250	7875	6500	
ΔP	1	1,3	1,6	1,9	2,2	(mmH2O)
Perdues	68,2	54,6	43,1	29,7	19,13	(mmH2O)
	442,48	387,56	324,56	257,59	190,71	

Seccions	2 de 200	2 de 200	2 de 200	2 de 200	2 de 200	
Secció útil	0,0628	0,0628	0,0628	0,0628	0,0628	(m)
D 1	1,394	1,394	1,394	1,394	1,394	(m)
D 6	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	(m)
D 7	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	(m)
Cabal	6500	5875	5250	4625	4000	(m³/h)
X	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	
ΔP	43,05	36,17	29,89	24,21	19,13	(mmH2O)
Perdues	205,93	180,67	154,20	127,38	101,04	(mmH2O)

Seccions	2 de 150	2 de 150	2 de 150	2 de 150	2 de 150	
Secció útil	0,0511	0,0511	0,0511	0,0511	0,0511	(m)
D 1	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	(m)
D 6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	(m)
D 7	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	(m)
Cabal	4000	3450	2900	2350	1800	(m³/h)
X	4	4,3	4,6	4,9	5,2	
ΔP	34	29,62	25,55	21,7	16,5	(mmH2O)
Perdues	106,81	83,74	62,20	42,83	26,30	(mmH2O)

Taula D.2

Seccions	1 de 150	1 de 150	1 de 150	1 de 150	1 de 150	
Secció util	0,0284	0,0284	0,0284	0,0284	0,0284	
D 1	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	(m)
D 6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	(m)
D 7	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	(m)
Cabal	1800	1575	1350	1125	900	(m³/h)
X	5,5	5,8	6,1	6,4	6,7	
ΔP	57,2	42	32,2	27,5	19	(mmH2O)
Perdues	27,46	21,92	16,76	12,10	8,03	(mmH2O)

Seccions	1 de 90	1 de 90	1 de 90	1 de 90	1 de 90	
Secció util	0,0156	0,0156	0,0156	0,0156	0,0156	
D 1	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	(m)
D 6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	(m)
D 7	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	(m)
Cabal	900	775	650	525	400	(m³/h)
X	7	7,3	7,6	7,9	8,2	
ΔP	64,5	53,14	41,7	29,1	18,65	(mmH2O)
Perdues	8,33	6,39	4,65	3,13	1,88	(mmH2O)

Seccions	1 de 60	1 de 60	1 de 60	1 de 60	1 de 60	
Secció util	0,0092	0,0092	0,0092	0,0092	0,0092	
D 1	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	(m)
D 6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	(m)
D 7	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	(m)
Cabal	400	300	200	100	0	(m³/h)
X	8,5	8,8	9,1	9,4	9,7	
ΔP	57,14	49,4	36,7	26,4	18,7	(mmH2O)
Perdues	1,93	1,12	0,51	0,13	0,00	(mmH2O)

Taula D.3

D.3 Corba de pèrdues totals:

Analitzant els resultats, obtenim que les pèrdues de càrrega totals del sistema, es mostra a la figura D.8.

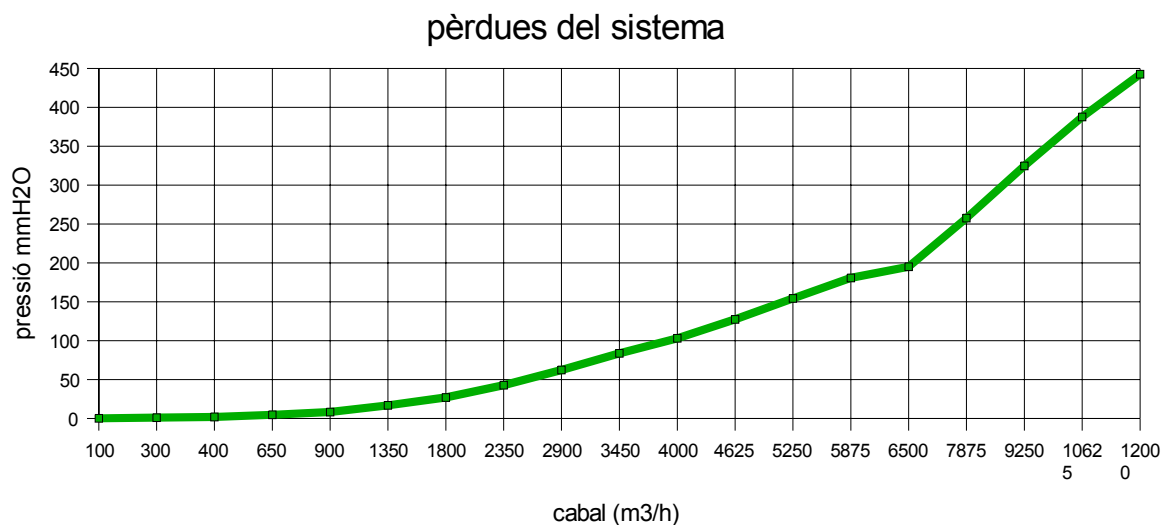


Figura D.8

Un cop trobades les pèrdues totals del sistema ja podem escollir quin ventilador auxiliar, és el més adequat.

Analitzant el punt més desfavorable, tenim que el ventilador que pot aguantar aquesta pèrdua, és el model AAVM 711 T2 40CV

D.4 Característiques del ventilador auxiliar:

Les característiques del ventilador auxiliar es mostra a les següents figures i taules.

AAVM 712 T2 40

SERIE TRIFASICA / THREE PHASE

DIMENSIONES DE ENVERGADURA (mm) / OVERALL DIMENSIONS (mm)

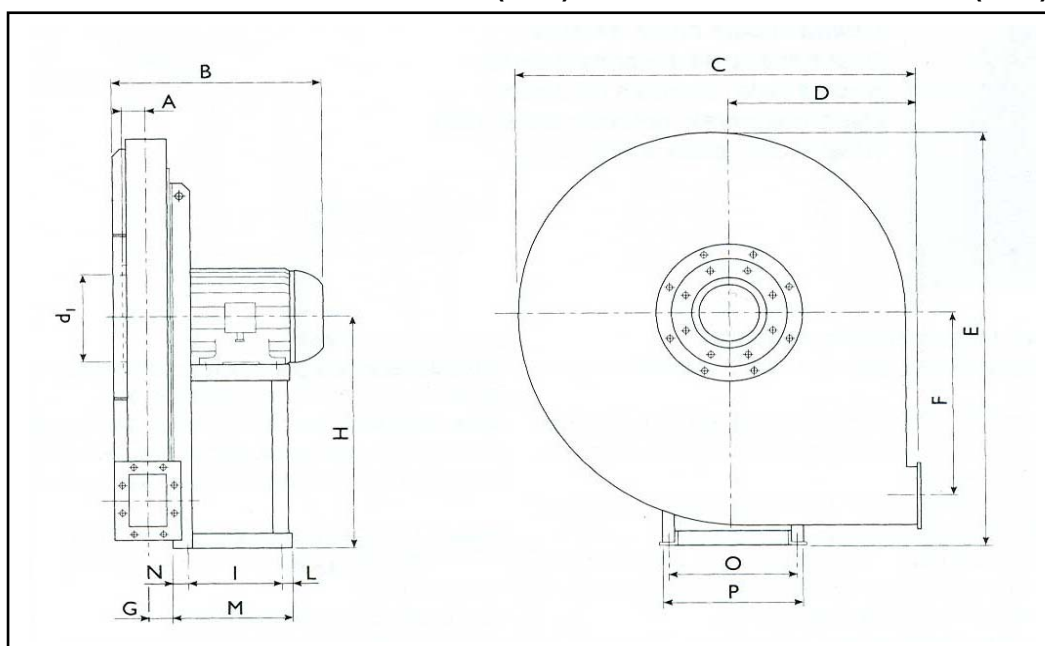


Figura D.9

1.1.1.1.1 odelo Model	2	3	4	4.1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	A	B	C	D	E	F	15	16	17	18	19	20	21	22
AA 711 T2 40	115	860	1015	475	1122	426	108	630	381	39	500	80	506	568

Taula D.3

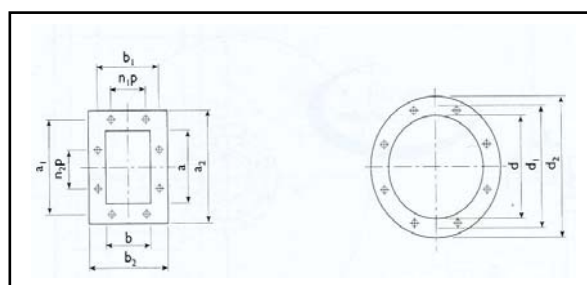


Figura D.10

AAVM 711/N T2 40

Ps (mm H₂O)

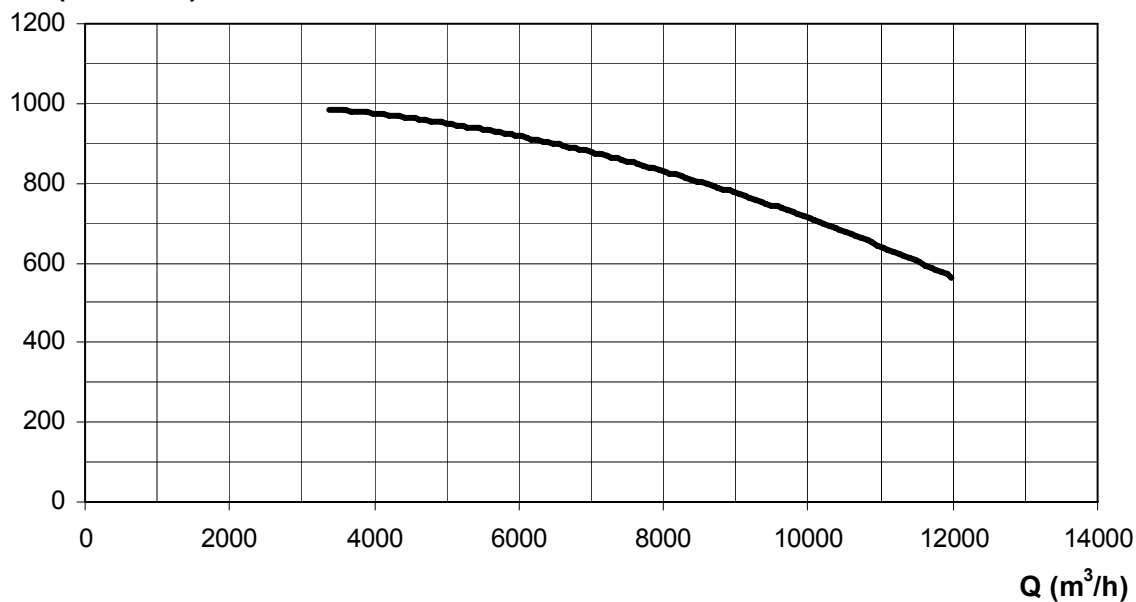


Figura D.11

SERIE TRIFASICA / THREE PHASE

3	M	R.P.M.	Intens. máx. (A)			Pot. Absorb.		Caudal máx.		Niv. sonoro	Temp. máx. aire		Peso
odelo		máx.											
Model		R.P.M.	Max. (A)			Absorb. Power		máx. air flow		Sound Level	Máx air temp.		Weight
		máx.	230	400	690	(Kw)		(m ³ /h)		dB (A)	°C		Kg
AAVM711 T2 40		2.935	-	56	32,3	30		11.988		92	130		396

Taula D.4

ANNEXE E: Càlculs mecànics

E.1 Introducció:

És necessari fer càlculs mecànics, per veure si l'estructura del banc està capacitada per aguantar les pressions que passen per al interior.

Els càlculs a realitzar són els següents:

- Càlcul de recipient a pressió
- Càlcul del esforços de l'estructura del banc, (en referència al pes del banc).

A continuació s'exposa una taula de símbols amb els paràmetres a utilitzar.

$S_y = 318 \text{ MPa}$ (Límit elàstic)
 $S_{ut} = 397 \text{ MPa}$ (Resistència a la tracció)
 $E = 207000 \text{ MPa}$ (Mòdul de Young)
 I = Inèrcia de la peça (mm^4)
 σ_t = Tensió de la peça tangencial (MPa)
 σ_r = Tensió de la peça radial (MPa)
 σ' = Tensió de Von misses (MPa)
 N = coeficient de seguretat

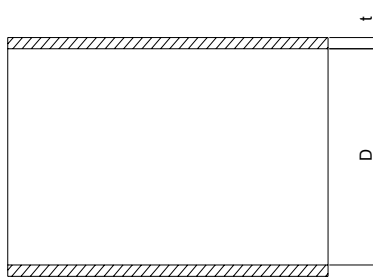
E.2 Càlcul de recipient a pressió:

Per tal d'analitzar aquest càlcul, estudiem el banc com si fos un dipòsit, estudiem per separat 4 parts:

- Cos del banc a diàmetre 1394 mm
- Adaptador ventilador banc obturador
- Connexió adaptador obturador
- Adaptador obturador ventilador auxiliar

L'obturador no es calcula ja que la casa que fabrica aquest component assegura que aguanta les condicions extremes de l'assaig.

E.2.a Càlcul Cos del banc a diàmetre 1394 mm:



T=3mm
D=1394mm

Dades _ del _ material :

$$S_y = 318 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} = 397 \text{ MPa}$$

Dades _ funcionament :

$$Pr_{essió_màxima} = 2000 \text{ mmH}_2\text{O} \approx 0,02 \text{ MPa}$$

Formules _ a _ usar :

$$\sigma_t = \frac{p \cdot r}{t} \quad \sigma_l = \frac{p \cdot r}{2 \cdot t}$$

$$\sigma' = \sqrt{\left(\sigma_t^2 - \sigma_t \cdot \sigma_l + \sigma_l^2 \right)}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'}$$

Resultats:

$$\sigma_t = 4,65 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l = 2,323 \text{ MPa}$$

$$\sigma' = 4,028 \text{ MPa}$$

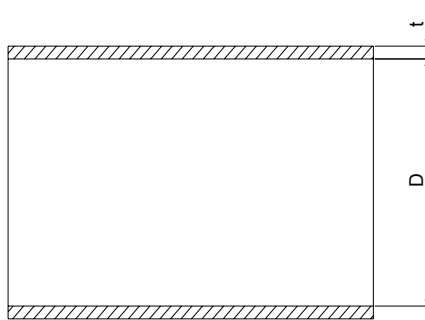
$$N = 78,94$$

Aguantem sobradament, el banc té un coeficient sobradament alt.

E.2.b Càlcul Adaptador ventilador banc obturador:

Tot i tenir una secció que varia, agafem un diàmetre mig, ja que en el resultat anterior hem trobat que el banc no tenia problemes per aguantar la pressió.

CENTRO DE GRAVEDAD respecto al cuadro de coordenadas _BANC_CAL
X Y Z -2.3612241e-01 -2.6480698e+03 9.9726037e-02 MM



Dades _del _material :

$$S_y = 318 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} = 397 \text{ MPa}$$

Dades _funcionament :

$$Pr\text{essió_màxima} = 2000 \text{ mmH}_2\text{O} \approx 0,02 \text{ MPa}$$

Formules _a _usar :

$$\sigma_t = \frac{p \cdot r}{t} \quad \sigma_l = \frac{p \cdot r}{2 \cdot t}$$

$$\sigma' = \sqrt{\left(\sigma_t^2 - \sigma_t \cdot \sigma_l + \sigma_l^2 \right)}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$T = 3 \text{ mm}$$

$$D = 947 \text{ mm}$$

Resultats:

$$\sigma_t = 3,15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l = 1,58 \text{ MPa}$$

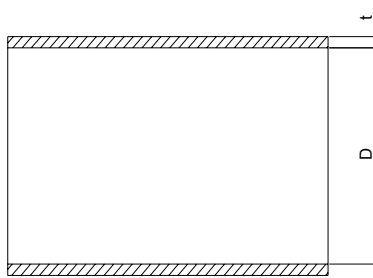
$$\sigma' = 2,73 \text{ MPa}$$

$$N = 116,56$$

Aguantem sobradament, el banc té un coeficient sobradament alt.

E.2.c Càlcul Connexió adaptador obturador:

En aquest cas es tracta d'un tub amb diàmetre constant.



Dades _ del _ material :

$$S_y = 318 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} = 397 \text{ MPa}$$

Dades _ funcionament :

$$P_{r \text{ essió }}_{\text{màxima}} = 2000 \text{ mmH}_2\text{O} \approx 0,02 \text{ MPa}$$

Formules _ a _ usar :

$$\sigma_t = \frac{p \cdot r}{t} \quad \sigma_l = \frac{p \cdot r}{2 \cdot t}$$

$$\sigma' = \sqrt{\left(\sigma_t^2 - \sigma_t \cdot \sigma_l + \sigma_l^2 \right)}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$T = 3 \text{ mm}$$

$$D = 500 \text{ mm}$$

Tot i tenir menys secció la pressió no es modifica en tot el banc.

Resultats:

$$\sigma_t = 1,67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l = 0,83 \text{ MPa}$$

$$\sigma' = 2,09 \text{ MPa}$$

$$N = 152,23$$

Aguantem sobradament, el banc té un coeficient sobradament alt.

E.2.d Càlcul Connexió adaptador obturador ventilador auxiliar:

Tot i tenir una secció que varia, agafem un diàmetre mig, ja que en el resultat anterior hem trobat que el banc no tenia problemes per aguantar la pressió.



T=3mm
D=331mm

Dades _ del _ material :

$$S_y = 318 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} = 397 \text{ MPa}$$

Dades _ funcionament :

$$Pr_{\text{essió}}_{\text{màxima}} = 2000 \text{ mmH}_2\text{O} \approx 0,02 \text{ MPa}$$

Formules _ a _ usar :

$$\sigma_t = \frac{p \cdot r}{t} \quad \sigma_l = \frac{p \cdot r}{2 \cdot t}$$

$$\sigma' = \sqrt{\left(\sigma_t^2 - \sigma_t \cdot \sigma_l + \sigma_l^2 \right)}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'}$$

Resultats:

$$\sigma_t = 1,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l = 0,55 \text{ MPa}$$

$$\sigma' = 0,95 \text{ MPa}$$

$$N = 333,8$$

Aguantem sobradament, el banc té un coeficient sobradament alt.

E.3 Càlcul del esforços de l'estructura del banc:

El càlcul estructural és necessari per tal de veure si l'estructura aguantarà o tindrem que reforçar el banc.

Dades obtingudes en el programa de dibuix :

La cota x i la z no les utilitzarem, només la cota y ja que és on hi ha el centre de gravetat del banc, respecte on hi ha el ventilador auxiliar.

No tenim en compte ni el ventilador auxiliar, ni el ventilador a assajar, tampoc els peus suport, per tant només ens fem referència segons els cossos, les toveres, i els adaptadors.

E.3.a Sistema:

-Pes total = 501,56 Kg
 -Centre de gravetat respecte ventilador assaig = 2,361 m
 -Area = 13166,415 mm²
 -Inèrcia = $(1/64) \cdot \pi \cdot \varnothing_e^4 - (1/64) \cdot \pi \cdot \varnothing_i^4$

Taula E.1

Per facilitar càlculs suposem que el sistema és el següent:

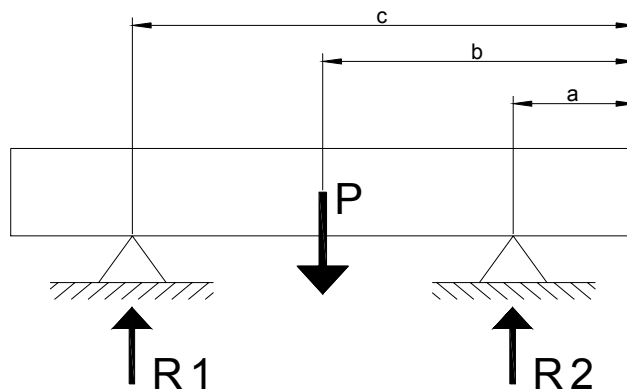


Figura E.1

Tot i que no és cert ja que hi ha 4 recolzaments, però un surt un sistema hiperestàtic, a més si aguanta amb aquest sistema encara aniria més sobrat amb 4 recolzaments.

$$P - R1 - R2 = 0$$

$$P \cdot (b - a) = R1 \cdot (c - a)$$

E.3.b Sol·licitacions:

P= 4915,29 N
a= 684 mm
b= 2361 mm
c= 3036 mm

Taula E.2

Resultats:

R1= 3504,65 N
R2= 1410,64 N
M màx.= 8242941 N·mm
V màx.= 3504,65 N

Taula E.3

Diagrama de moments i tallants:

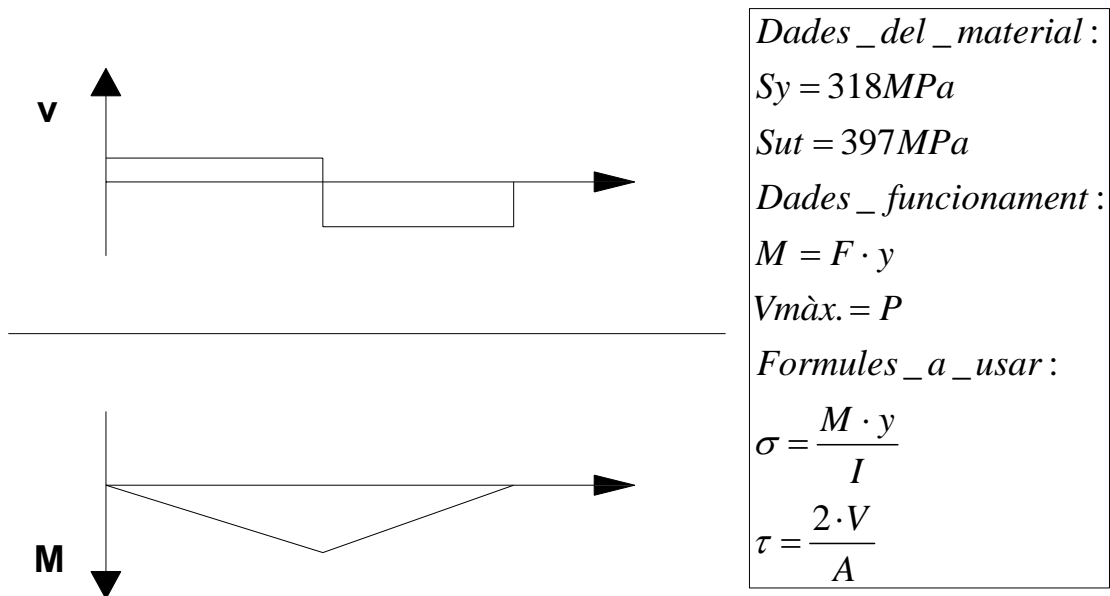


Figura E.2

E.3.c Estudi dels esforços:

Són esforços molt petits no interferiran molt, fem l'estudi estàtic.

resultats :

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} = \frac{8242941 \cdot 1677}{3,211 \cdot 10^{10}} = 4,3 MPa$$

$$\tau = \frac{2 \cdot V}{A} = \frac{2 \cdot 3504,65}{13166,415} = 0,53 MPa$$

Coeficient_seguretat

Estudi_estàtic

$$n = \frac{S_{ut}}{\sigma} = \frac{397}{4,3} = 92,35M$$

Segons els resultats obtinguts i veient que tenim un coeficient de seguretat molt alt no és possible que pugui tenir problemes estructurals el banc.

ANNEXE F: Manual d'ús i manteniment

F.1 Informació general:

Per manipular el banc, ventilador auxiliar, ventiladors a assajar i accessoris, s'ha de seguir tot el material de seguretat estipulat en la prevenció de riscos laborals.

Degut a la manipulació d'aparells electrònics, s'han d'extremar precaucions per tal d'evitar riscos elèctrics.

Degut al soroll sovint molest i fort del ventiladors, s'han de tenir cura de no patir lesions auditives, usant els equips de protecció individuals adequats.

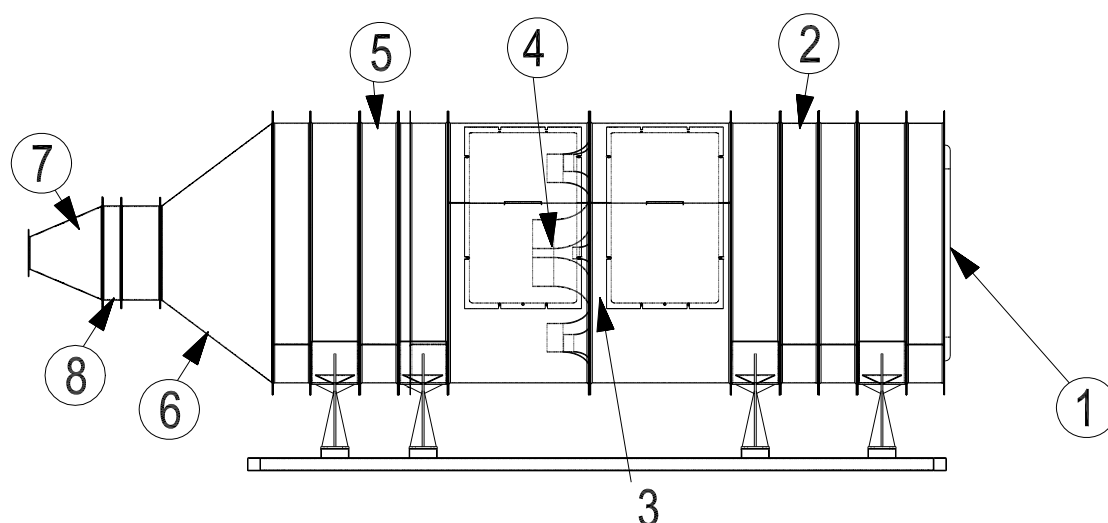


Figura F.1

F.2 Disposicions del manual:

És necessari seguir els manuals de manteniment que proposa el fabricant de cada element que compon el banc, tota la informació ha de venir documentada en els components de compra que componen el banc.

Per tal de complir les normatives de ventilació és necessari complir les directives 73/23/CE (directiva de seguretat per a materials de baixa tensió), 98/37/CE (directiva de seguretat de màquines), UNE 100250 (Ventiladors industrials. Seguretat mecànica del ventiladors), ISO 3744 (Acústica. Determinació dels nivells de potència sonora) i ISO 1940-1 (Vibracions mecàniques).

F.3 Parts del banc:

F.3.1 Ventilador auxiliar/a assajar:

Abans de realitzar qualsevol tipus d'assaig, s'ha d'assegurar que cap part rotativa del ventilador estigui en contacte en qualsevol altra part del mateix.

La primera arrancada del ventilador, ha de ser de curta duració, per tal de comprovar si els sentit de gir d'aquest, és el correcte, en cas contrari s'haurà d'efectuar un canvi en la connexió.

Abans de començar l'assaig, s'ha d'assegurar que el ventilador arribi a la seva velocitat completa.

El ventilador auxiliar ha de tenir revisions periòdiques cada 6 mesos, com màxim comprovant sorolls i vibracions. S'ha de revisar que no hi hagi cap part fluixa, com poden ser cargolaria, motors, bancades, etc. S'ha de comprovar l'estat dels rodaments.

Els rodaments del ventilador auxiliar s'han d'engrassar o canviar cada 15000 o 20000 hores.

F.3.2 Toveres:

S'han de revisar que les toveres no tinguin ni pols ni brutícia, és important que no s'embrutin amb olis ni amb altres lubricants, per tal d'assegurar un assaig correcte.

S'han de revisar cada 3 mesos, en cas que es detecti que les toveres poden estar brutes per qualsevol causa, netejar al instant.

F.3.3 Tubs de presa de pressió:

Per tal de garantir una presa de pressió correcte s'han de revisar totes les connexions dels tubs que connecten amb el manòmetre, vigilant que no entrin partícules sòlides dins els tubs.

Es farà una revisió dels tubs cada 2 mesos, mínim.

F.3.4 Sensors de temperatura:

S'ha de realitzar el manteniment en el període de 1 any.

S'ha de comprovar la lectura amb un element calibrat. En cas que sigui possible, reajustar el sensor, en cas contrari enviar el sensor al servei tècnic oficial.

F.3.5 Tacòmetre òptic:

S'ha de realitzar el manteniment del tacòmetre cada any.

Comprovar el correcte funcionament i lectura amb un element calibrat, en el cas de que no sigui possible enviar el tacòmetre al servei tècnic.

F.3.6 Obturador:

Manteniment periòdic anual.

Comprovació de la total estanquitat de l'obturador, i comprovar que tanqui els graus estipulats.

S'han de repassar els nivells d'oli del pistons, així com que no hi hagin fuites, comprovació del retens.

F.3.7 Wattímetre / Amperímetre:

Revisió periòdica de l'element cada 3 anys.

Comprovar la lectura amb un wattímetre i un amperímetre calibrat i corregir errors. En el cas de que no sigui possible enviar l'aparell al servei tècnic oficial.

F.3.8 Taules elevadores:

Fer el manteniment que indica el fabricant cada període de 2 anys.

Verificar nivell d'oli del dipòsit.

En cas de que sigui necessari afegir oli, ja de ser de les mateixes característiques que indica el fabricant.

F.3.9 Pont grua:

Fer el manteniment periòdic que indica el fabricant, cada 2 anys.

S'han d'engrassar les parts mòbils del pont amb la grassa que indica el fabricant, s'ha de repassar l'estat de les cadenes i del ganxo.

En cas de no poder fer el manteniment, avisar al servei tècnic.